

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-311615

(43)Date of publication of application : 26.11.1996

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

C22C 38/06

C22C 38/54

F16C 33/12

(21)Application number : 07-142454

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 18.05.1995

(72)Inventor : OCHI TATSURO
KANISAWA HIDEO

(54) STEEL FOR INDUCTION-HARDENED BEARING HAVING LONG SERVICE LIFE

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce a steel for an induction-hardened bearing capable of producing bearing parts at a low cost and furthermore capable of obtaining excellent rolling fatigue characteristics in the bearing parts.

CONSTITUTION: This steel is the one having a compsn. contg., by weight, 0.45 to 0.70%C, 0.35 to 2.0% Si, 0.9 to 2.0% Mn, 0.001 to 0.03% S, 0.010 to 0.07% Al and 0.003 to 0.015% N, and/or contg. 0.05 to 1.20% Mo and/or contg. specified amounts of one or \geq two kinds among Cr, Ni, V, Nb and B, and in which the contents of P, Ti and (total) O are limited to specified ones or below, and in which the structural fraction of ferrite before high-frequency heating is regulated $\leq 25\%$ and the grain size of ferrite is regulated to $\leq 20\mu\text{m}$.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3466328

[Date of registration] 29.08.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-311615

(43) 公開日 平成8年(1996)11月26日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z
			38/06	
			38/54	
F 1 6 C 33/12		7123-3 J	F 1 6 C 33/12	A

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-142454

(22) 出願日 平成7年(1995)5月18日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 越智 達朗

北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室蘭製鐵所内

(72) 発明者 蟹澤 秀雄

北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社室蘭製鐵所内

(74) 代理人 弁理士 萩原 康弘 (外1名)

(54) 【発明の名称】 高寿命高周波焼入れ軸受用鋼材

(57) 【要約】

【目的】 本発明は軸受部品が低コストで製造可能であり、かつ軸受部品において優れた転動疲労特性を得ることができる高周波焼入れ軸受用鋼材を提供する。

【構成】 重量比で、C : 0.45~0.70%、Si : 0.35~2.0%、Mn : 0.9~2.0%、S : 0.001~0.03%、Al : 0.010~0.07%、N : 0.003~0.015%を含有し、さらにまたは、Mo : 0.05~1.20%を含有し、さらにまたは特定量のCr、Ni、V、Nb、Bの1種または2種以上を含有し、P、Ti、T.O量を特定以下に制限し、かつ高周波加熱前のフェライトの組織分率が25%以下で、フェライト結晶粒径が20μm以下であることを特徴とする高寿命高周波焼入れ軸受用鋼材。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量比として、

C : 0.45~0.70%
 Si : 0.35~2.0%
 Mn : 0.9~2.0%
 S : 0.001~0.03%
 Al : 0.010~0.07%
 N : 0.003~0.015%を含有し、
 P : 0.025%以下、Ti : 0.0040%以下、
 T. O : 0.0020%以下に制限し、残部が鉄および
 10 不可避的不純物からなり、かつ高周波加熱前のフェライト
 の組織分率が25%以下で、フェライト結晶粒径が2
 0μm以下であることを特徴とする高寿命高周波焼入れ
 軸受用鋼材。

【請求項2】 重量比として、

C : 0.45~0.70%
 Si : 0.35~2.0%
 Mn : 0.9~2.0%
 Mo : 0.05~1.20%
 S : 0.001~0.03%
 Al : 0.010~0.07%
 N : 0.003~0.015%を含有し、
 P : 0.025%以下、Ti : 0.0040%以下、
 T. O : 0.0020%以下に制限し、残部が鉄および
 不可避的不純物からなり、かつ高周波加熱前のフェライト
 の組織分率が25%以下で、フェライト結晶粒径が2
 0μm以下であることを特徴とする高寿命高周波焼入れ
 軸受用鋼材。

【請求項3】 重量比として、

C : 0.45~0.70%
 Si : 0.35~2.0%
 Mn : 0.9~2.0%
 S : 0.001~0.03%
 Al : 0.010~0.07%
 N : 0.003~0.015%を含有し、
 さらに、
 Cr : 0.03~0.50%
 Ni : 0.10~3.00%
 V : 0.03~0.7%
 Nb : 0.005~0.3%
 B : 0.0005~0.005%の1種または2種以
 上を含有し、
 P : 0.025%以下、Ti : 0.0040%以下、
 T. O : 0.0020%以下に制限し、残部が鉄および
 不可避的不純物からなり、かつ高周波加熱前のフェライト
 の組織分率が25%以下で、フェライト結晶粒径が2
 0μm以下であることを特徴とする高寿命高周波焼入れ
 軸受用鋼材。

【請求項4】 重量比として、

C : 0.45~0.70%

Si : 0.35~2.0%
 Mn : 0.9~2.0%
 Mo : 0.05~1.20%
 S : 0.001~0.03%
 Al : 0.010~0.07%
 N : 0.003~0.015%を含有し、
 さらに、
 Cr : 0.03~0.50%
 Ni : 0.10~3.00%
 V : 0.03~0.7%
 Nb : 0.005~0.3%
 B : 0.0005~0.005%の1種または2種以
 上を含有し、
 P : 0.025%以下、Ti : 0.0040%以下、
 T. O : 0.0020%以下に制限し、残部が鉄および
 不可避的不純物からなり、かつ高周波加熱前のフェライト
 の組織分率が25%以下で、フェライト結晶粒径が2
 0μm以下であることを特徴とする高寿命高周波焼入れ
 軸受用鋼材。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は高寿命高周波焼入れ軸受
 用鋼材にかかわり、さらに詳しくは、高周波焼入れ工程
 で製造され、高負荷下で使用される外輪、内輪、ころ等
 の軸受部品用として好適な鋼材に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年の自動車エンジンの高出力化および
 環境規制対応にともない、軸受部品においても転動疲労
 寿命向上の指向が強い。これに対して、これまで鋼の高
 30 清浄化による高寿命化が図られてきた。これは、軸受部
 品の転動疲労破壊は非金属介在物が起点となると考えら
 れているためである。例えば、日本金属学会報第32巻
 第6号441頁から443頁には偏心炉底出鋼、RH真
 空脱ガス等の組み合わせにより、酸化物系介在物が低減
 し転動疲労寿命が向上することが示されている。しかし
 ながら、上記材の高寿命化では必ずしも十分ではなく、
 特に高負荷下で使用される場合等において、より一層の
 高寿命鋼の開発が強く望まれている。

【0003】また、特開平6-264188にはC :
 40 0.5~1.5%、Mo : 0.5超~2.0%、O :
 0.002%以下を含有した繰返し応力負荷によるミ
 クロ組織変化遅延特性に優れた軸受鋼が示されている。
 しかしながら、本材は経済性の点で好ましくなく、必ず
 しも普及していないのが現状である。さらに、軸受部品
 は、通常、過共析鋼を球状化焼鈍一焼入れ焼戻しの工程
 により製造されているが、低コスト化の指向が強い。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、軸受
 50 部品が低コストで製造可能であり、かつ軸受部品におい
 て優れた転動疲労特性を得ることができる高周波焼入れ

軸受用鋼材を提供しようとするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、軸受部品を低コストで製造するために、従来の過共析鋼の球状化焼鈍-焼入れ焼戻しに代わる工程として高周波焼入れに着目した。高周波焼入れ材は、表層に大きな圧縮残留応力が生成するために高寿命化にも有効である。さらに高負荷下でも優れた転動疲労特性を得ることができる高周波焼入れ軸受用鋼材を実現するために、鋭意検討を行い次の知見を得た。

【0006】(1) 高周波焼入れ材を高負荷下で転動疲労試験を行った場合、転動疲労過程において、白色組織・炭化物組織の生成、硬さの低下を伴う材質劣化が起こり、こうした局所的な材質劣化部を起点として破壊が起きる。

(2) 転動疲労過程での局所的な材質劣化部生成の主原因は、硬化層の硬さムラである。特に、高周波加熱前の組織のフェライト分率が25%を超え、フェライト結晶粒径が20 μ mを超えると硬化層で顕著な硬さのムラを生じ、転動疲労破壊を起こしやすくなる。

【0007】(3) また、これらの転動疲労過程での材質劣化を抑制するには、下記の方法が有効である。

①高Mnにより、焼入れ性を確保する。Crを多量添加しない。

②Siを増量する。

(4) さらに、局所的な材質劣化部生成を抑制して高寿命化を図るためには、Mo添加、非金属介在物の低減、微細化が有効である。

(5) 上記に加えて、さらにCr, Ni, V, Nb, Bを添加することにより、材質劣化抑制、硬さ低下防止の硬化はさらに大きくなる。

【0008】本発明は以上の新規なる知見に基づいてなされたものであって、その要旨とするところは以下の通りである。本発明の請求項1~4の発明は重量比として、C:0.45~0.70%、Si:0.35~2.0%、Mn:0.9~2.0%、S:0.001~0.03%、Al:0.010~0.07%、N:0.003~0.015%を含有し、さらにまたは、Mo:0.05~1.20%を含有し、さらにまたは、Cr:0.03~0.50%、Ni:0.10~3.00%、V:0.03~0.7%、Nb:0.005~0.3%、B:0.0005~0.005%の1種または2種以上を含有し、P:0.025%以下、Ti:0.0040%以下、T.O:0.0020%以下に制限し、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、かつ高周波加熱前のフェライトの組織分率が25%以下で、フェライト結晶粒径が20 μ m以下であることを特徴とする高寿命高周波焼入れ軸受用鋼材である。

【0009】

【作用】以下に、本発明を詳細に説明する。本発明の鋼

材の成分含有範囲を上記の如く限定した理由について説明する。

C:0.45~0.70%

Cは最終製品の軸受部品として必要な転動疲労強度と耐磨耗性を得るために有効な元素であるが、高周波焼入れ材の場合、0.45%未満ではその効果が不十分であり、また0.70%を超えると靱性が劣化しかえって強度の劣化を招くので、含有量を0.45~0.70%とした。

10 【0010】Si:0.35~2.0%

Siは脱酸元素としておよび転動疲労過程での白色組織・炭化物組織生成抑制、材質劣化抑制により最終製品の寿命を増加させることを目的として添加するが、0.35%未満ではその効果は不十分であり、一方、2.0%を超えるとこれらの効果は飽和しむしろ最終製品の靱性の劣化を招くので、その含有量を0.35~2.0%とした。

【0011】Mn:0.9~2.0%

Mnは①転動疲労過程での材質劣化の抑制、②焼入れ性の向上、および鋼中でMnSを形成することによる③高周波焼入れ加熱時のオーステナイト粒の微細化と④被削性の向上を目的として添加する。しかしながら、0.9%未満ではこの効果は不十分であり、一方、2.0%を超えるとこの効果は飽和しむしろ最終製品の靱性の劣化を招くので、その含有量を0.9~2.0%とした。

【0012】S:0.001~0.03%

Sは鋼中でMnSとして存在し、被削性の向上および組織の微細化に寄与するが、0.001%未満ではその効果は不十分である。一方、0.03%を超えるとその効果は飽和し、むしろ転動疲労特性の劣化を招く。以上の理由から、Sの含有量を0.001~0.03%とした。

【0013】Al:0.010~0.07%

Alは脱酸元素および結晶粒微細化元素として添加するが、0.010%未満ではその効果は不十分であり、一方、0.07%を超えるとその効果は飽和し、むしろ靱性を劣化させるので、その含有量を0.010~0.07%とした。

【0014】N:0.003~0.015%

NはAlNの析出挙動を通じて、オーステナイト粒の微細化に寄与するが、0.003%未満ではその効果は不十分であり、一方、0.015%超では、その効果は飽和しむしろ靱性の劣化を招くので、その含有量をN:0.003~0.015%とした。

【0015】P:0.025%以下

Pは鋼中で粒界偏析や中心偏析を起こし、最終製品の強度劣化の原因となる。特にPが0.025%を超えると強度の劣化が顕著となるため、0.025%を上限とした。

50 【0016】Ti:0.0040%以下

Ti は硬質析出物 TiN を生成し、これが白色組織・炭化物組織組成、材質劣化の引き金となり、つまり転動疲労破壊の起点となり、最終製品の転動寿命劣化の原因となる。特に Ti が 0.0040% を超えると寿命の劣化が顕著となるため、0.0040% を上限とした。

【0017】T、O：0.0020% 以下

本発明において T、O 含有量は、鋼中の溶存酸素含有量と酸化物（主にアルミナ）を形成している酸素含有量の和であるが、T、O 含有量は酸化物を形成している酸素含有量にほぼ一致する。従って、T、O 含有量が高いほど酸化物系介在物が多いことになる。酸化物系介在物は転動疲労過程で、白色組織・炭化物組織生成、材質劣化の引き金となり、転動疲労寿命劣化の原因となる。特に O が 0.002% を超えるとこの現象が顕著になるため、0.002% を上限とした。なお、非金属介在物を微細化して、より一層高寿命化を図るためには、本出願人が先に特願平 5-202416 にて提案している Mg の適正量添加が有効である。

【0018】本発明では、請求項 1~4 について、さらに T、Mg：0.0005~0.0300% を含有し、鋼中に含有される酸化物が、個数比として次式を満足する鋼材としてもよい。

$(MgO \cdot Al_2O_3 \text{ 個数} + MgO \text{ 個数}) / \text{全酸化物系介在物個数} \geq 0.80$

【0019】次に、本発明では、「高周波加熱前のフェライトの組織分率が 25% 以下で、フェライト結晶粒径が 20 μm 以下」とする。高周波焼入れは急速加熱であるため、高周波加熱前の組織のフェライト分率が大きくまたそれが粗大であると、フェライトの部分は、オーステナイト化後、炭素の拡散が不十分で炭素濃度が添加炭素濃度よりも低くなり、焼入れ後、その位置での硬さが小さくなる。そのため、この位置で局所的な材質劣化を起こし、転動疲労き裂の発生起点となりやすい。以上の現象は、フェライトの組織分率が 25% を超えるか、またはフェライト結晶粒径が 20 μm を超えると特に顕著になる。以上の理由でフェライトの組織分率を 25% 以下で、フェライト結晶粒径を 20 μm 以下とした。

【0020】なお、より高寿命化を図るためには、フェライトの組織分率を 15% 以下とするか、またはさらにフェライト結晶粒径を 15 μm 以下とするのが望ましい。また、本発明の高周波焼入れ軸受用鋼材では、フェライト以外の残りの組織を特に限定するものではなく、その種類がパーライト、上部ベイナイト、下部ベイナイト、中間段階組織、マルテンサイト、あるいはこれらの混合組織のいずれでもよい。

【0021】次に、請求項 2 の発明の鋼材では、転動疲労過程での硬さ低下防止、白色組織・炭化物組織生成抑制を目的として Mo を含有させることができる。

Mo：0.05~1.20%

Mo は高周波焼入れ性の向上および転動疲労過程での白

色組織・炭化物組織生成抑制、材質劣化抑制による最終製品の寿命を増加させることを目的として添加するが、Mo：0.05% 未満ではこの効果は不十分であり、一方、Mo：1.2% を超えるとこの効果は飽和しむしろ最終製品の靱性の劣化を招くので、その含有量を Mo：0.05~1.20% とした。

【0022】次に、請求項 3、4 の発明の鋼材では、高周波焼入れ性の向上および転動疲労過程での材質劣化抑制、白色組織・炭化物組織生成抑制を目的として Cr、Ni、V、Nb、B の 1 種または 2 種以上を含有させることができる。

Cr：0.03~0.50%

Ni：0.10~3.00%

V：0.03~0.7%

Nb：0.005~0.3%

B：0.0005~0.005%

【0023】これらの元素はいずれも焼入れ性を向上し、転動過程での転位密度の低下を抑制することにより、または繰返し過程でセメントタイトの生成を抑制することにより、繰返し軟化防止に有効である。この効果は Cr：0.03% 未満、Ni：0.10% 未満、V：0.03% 未満、Nb：0.005% 未満、B：0.0005% 未満では不十分であり、一方、Cr：0.50%、Ni：3.00%、V：0.7%、Nb：0.3%、B：0.005% を超えるとこの効果は飽和し、むしろ高周波焼入れ時の炭化物の溶解不良、最終製品の靱性の劣化等の弊害を招くので、その含有量を上記の範囲に限定した。

【0024】ここで、本発明の高周波焼入れ軸受用鋼材では、製造条件は特に限定せず、本発明の要件を満足すればいずれの条件でもよい。例えば、鋼材素材の熱間圧延による製造を仕上げ温度：750~900℃、仕上げ圧延後 700~500℃ の温度範囲の平均冷却速度：0.1~1.7℃/秒の条件で行う方法が上げられるが、本発明では特に限定するものではない。また、本発明では、本発明の要件を満足すれば、熱間圧延後、高周波焼入れの前に焼準、焼鈍、熱間鍛造等の加工熱処理を必要に応じて行うことができる。また、本発明では高周波焼入れ工程により製造される軸受け部品用の鋼材を対象としているが、高周波焼入れ条件、焼戻しの有無、焼戻しを行う場合はその条件は、特に限定するものではない。

【0025】

【実施例】以下に、本発明の効果を実施例により、さらに具体的に示す。表 1、2 の組成を有する鋼材を直径 65 mm φ の棒鋼に圧延した。その後熱間鍛造のシミュレーションとして 950℃ 加熱-放冷した。この棒鋼から、光学顕微鏡観察試験片を採取し、5% ナイタル液で腐食して 200 倍、400 倍で観察しフェライト分率およびフェライト結晶粒径を求めた。表 1、2 にフェラ

イト分率、フェライト結晶粒径を併せて示す。

*【表1】

【0026】

*

区分	鋼材 №	供試験化学成分 (wt %)															フェ ライト 分率 (%)	フェ ライト 粒径 (μm)
		C	Si	Mn	S	Al	N	P	Ti	T. O	Mo	Cr	Ni	V	Nb	B		
第1発明鋼材	1	0.53	0.72	1.02	0.008	0.031	0.009	0.012	<0.001	0.0007	-	-	-	-	-	-	17	10
	2	0.50	0.56	0.98	0.005	0.023	0.006	0.009	0.001	0.0007	-	-	-	-	-	-	8	7
	3	0.48	1.14	1.14	0.008	0.016	0.012	0.015	0.002	0.0008	-	-	-	-	-	-	20	14
第2発明鋼材	4	0.54	1.02	1.01	0.009	0.027	0.006	0.012	<0.001	0.0007	-	-	-	-	-	-	14	9
	5	0.50	1.42	1.01	0.005	0.019	0.006	0.016	<0.001	0.0007	-	-	-	-	-	-	7	7
	6	0.55	0.97	1.03	0.006	0.030	0.008	0.014	0.001	0.0006	-	-	-	-	-	-	3	8
第3発明鋼材	7	0.48	1.04	1.01	0.004	0.025	0.005	0.016	<0.001	0.0006	0.43	-	-	-	-	-	13	15
	8	0.53	0.98	1.00	0.008	0.032	0.006	0.013	<0.001	0.0006	0.24	-	-	-	-	-	14	9
	9	0.55	1.00	1.02	0.006	0.020	0.009	0.009	<0.001	0.0007	0.51	-	-	-	-	-	8	8
	10	0.63	1.03	0.98	0.005	0.025	0.005	0.012	0.002	0.0006	0.43	-	-	-	-	-	1	7
第3発明鋼材	11	0.55	1.02	0.93	0.008	0.026	0.006	0.017	<0.001	0.0005	-	-	1.05	-	-	-	7	6
	12	0.54	1.04	1.02	0.006	0.029	0.006	0.015	0.001	0.0007	-	0.13	-	-	-	-	12	8
	13	0.55	1.00	1.01	0.007	0.031	0.005	0.016	<0.001	0.0008	-	-	-	-	-	0.0024	10	9
	14	0.53	0.98	1.02	0.005	0.030	0.006	0.015	<0.001	0.0007	-	-	-	0.17	-	-	10	8
	15	0.53	1.02	1.03	0.007	0.024	0.007	0.014	0.002	0.0007	-	-	-	-	0.0024	-	8	7
	16	0.54	1.03	0.95	0.005	0.032	0.005	0.009	<0.001	0.0006	-	-	0.34	-	-	0.0025	7	6
	17	0.53	1.02	0.94	0.006	0.031	0.004	0.012	0.001	0.0008	-	0.08	0.30	-	-	0.0024	6	7

【0027】

【表2】

9

10

区分	鋼材種	供試鋼化学成分 (wt%)															フェライト 分率 (%)	フェライト 粒径 (μm)
		C	Si	Mn	S	Al	N	P	Ti	T. O	Mo	Cr	Ni	V	Nb	B		
第4発明鋼材	18	0.53	1.02	1.02	0.008	0.032	0.005	0.015	<0.001	0.0008	0.48	-	-	-	-	0.0025	8	9
	19	0.53	1.03	0.94	0.007	0.025	0.007	0.010	<0.001	0.0006	0.16	-	1.21	-	-	-	3	5
	20	0.55	0.98	1.01	0.007	0.020	0.006	0.011	0.001	0.0008	0.42	0.14	-	-	-	-	8	7
	21	0.54	1.01	1.02	0.008	0.032	0.007	0.009	<0.001	0.0006	0.48	-	-	0.13	-	-	6	5
比較鋼材	22	0.53	1.02	1.02	0.009	0.025	0.008	0.014	0.001	0.0007	0.51	-	-	-	0.020	-	6	5
	23	0.54	0.99	1.00	0.008	0.030	0.005	0.012	<0.001	0.0008	0.50	0.10	-	-	-	0.0024	7	6
	24	0.53	1.01	0.93	0.008	0.032	0.005	0.013	<0.001	0.0006	0.17	0.07	0.40	-	-	0.0025	6	6
	25	0.53	0.24	0.76	0.012	0.030	0.008	0.014	<0.001	0.0006	-	-	-	-	-	-	31	28
比較鋼材	26	0.43	1.03	1.41	0.008	0.029	0.007	0.012	<0.001	0.0008	-	-	-	-	-	-	22	18
	27	0.55	0.25	1.03	0.006	0.027	0.006	0.014	0.001	0.0007	-	-	-	-	-	-	10	10
	28	0.52	1.67	0.95	0.021	0.029	0.007	0.012	<0.001	0.0006	-	-	-	-	-	-	28	17
	29	0.50	1.55	0.93	0.016	0.014	0.005	0.012	0.002	0.0006	-	-	-	-	-	-	21	25
	30	0.50	1.62	0.97	0.022	0.013	0.005	0.013	0.001	0.0006	-	-	-	-	-	-	31	28
	31	0.47	1.87	0.93	0.022	0.029	0.007	0.013	<0.001	0.0007	0.12	-	-	-	-	-	29	18
	32	0.48	1.85	0.92	0.015	0.015	0.005	0.012	<0.001	0.0006	0.10	-	-	-	-	-	23	24

【0028】これらの材料から、転動疲労試験片を採取・作成し、周波数100kHz、硬化層深さ2～3mmの条件で高周波焼入れを行い、160℃で焼戻し処理を行った。転動疲労寿命の評価は、円筒型転動疲労試験片による点接触型転動疲労試験機（ヘルツ最大接触応力600kgf/mm²）を用いた。疲労寿命の尺度として、通常、「試験結果をワイブル確率紙にプロットして得られる累積破損確率10%における疲労破壊までの応力繰返し数」がL₁₀寿命として用いられる。

【0029】表3、4に比較鋼材25のL₁₀寿命を1と

した時の各鋼材のL₁₀寿命の相対値を示した。また、10⁸回転疲労後の試験片について、白色帯組織および炭化物組織の有無を調べ、その結果を表3、4に併せて示した。さらに、転動疲労過程での材質劣化挙動を評価するために、10⁸回転疲労後の試験片の転動面から深さ0.2mmの位置で、フェライト（211）面のX線回折ピークの半価幅の減少量を評価した。X線発生源としては、Cr管球を使用した。また、同位置での転動疲労試験に伴う硬さの低下量も評価した。

【0030】

【表 3】

区 分	鋼材 No.	L ₁₀	組織変化の有無	疲労後の半価 幅減少量 (度)	疲労後の硬さ 低下量 (HV)
第 1 発明鋼材	1	2.6	無	0.7	24
	2	2.0	無	0.8	27
	3	2.0	無	1.0	32
	4	3.2	無	0.5	16
	5	3.8	無	0.4	14
	6	4.2	無	0.4	12
第 2 発明鋼材	7	2.0	無	0.9	25
	8	3.5	無	0.4	12
	9	4.4	無	0.4	10
	10	5.6	無	0.3	10
第 3 発明鋼材	11	3.8	無	0.5	13
	12	3.0	無	0.4	11
	13	3.5	無	0.4	11
	14	3.4	無	0.4	14
	15	3.3	無	0.5	13
	16	3.5	無	0.4	11
	17	3.5	無	0.4	12

【0031】

【表 4】

13

14

区 分	鋼材 No.	L ₁₀	組織変化の有無	疲労後の半価 幅減少量 (度)	疲労後の硬さ 低下量 (HV)
第 4 発明鋼材	18	5.3	無	0.3	13
	19	4.8	無	0.4	13
	20	5.3	無	0.3	13
	21	4.7	無	0.4	12
	22	4.5	無	0.5	13
	23	4.9	無	0.4	12
	24	5.4	無	0.3	12
比 較 鋼 材	25	1	有	1.8	48
	26	0.8	無	1.5	41
	27	1.2	有	1.8	41
	28	1.5	無	1.3	34
	29	1.5	無	1.2	35
	30	1.3	無	1.4	33
	31	1.6	無	1.3	33
	32	1.6	無	1.3	34

【0032】表 3、4 に示した通り、本発明鋼材ではい
ずれも白色帯組織・炭化物組織の生成が抑制され、また
転動疲労過程での半価幅の減少量、硬さの低下量も小さ
い。これにより、本発明鋼材は、従来鋼材の比較鋼材 2
5 に比べて約 2～6 倍と極めて良好な疲労特性が得られ
た。

【0033】一方、比較鋼材 26 は C の含有量が本発明
の範囲を下回った場合であり、比較鋼材 27 は Si の含
有量が本発明の範囲を下回った場合であり、また比較鋼
材 28～32 は高周波加熱前のフェライト分率またはフェ
ライト結晶粒径のいずれかまたは両者が本発明の範囲
を上回った場合であり、いずれも転動疲労特性は、比較
鋼材 25 に比べて 1.6 倍以下であり、本発明鋼に比較
して転動疲労特性は顕著に劣っている。比較鋼材の「転

動疲労後の半価幅の減少量」、「転動疲労後の硬さ低下
量」は、本発明鋼材に比較して、相対的に大きい。つま
り、本発明鋼材では、転動疲労過程での材質劣化が抑制
されたことにより、優れた転動疲労寿命が得られている
ことが明らかである。

【0034】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明の高周波焼入
れ軸受用鋼材を用いることにより、軸受部品の転動疲労
過程での白色組織・炭化物組織生成の抑制、材質劣化の
防止が実現でき、軸受部品が低コストで製造可能であ
り、かつ軸受部品として高負荷下での転動疲労寿命が飛
躍的に向上し得る軸受用鋼材の提供が可能となり、産業
上の効果は極めて顕著なるものがある。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.